

**BREVET D'INVENTION**

P. V. n° 812.115

N° 1.242.122

Classification internationale :

F 06 c

Perfectionnement aux roulements à billes et analogues. En particulier pour fonctionnement dans le vide et à haute température.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON résidant en France (Seine).

Demandé le 4 décembre 1959, à 14<sup>h</sup> 46<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré le 16 août 1960.

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 5 décembre 1958, aux noms de MM. Locklin Savage BELL et Michael Joseph ZUNICK.)

La présente invention concerne les roulements à billes, et analogues et, plus particulièrement, ceux qui sont utilisés dans une ambiance à haute température et sous un vide élevé, comme, par exemple, dans les tubes générateurs de rayons X, lorsque ces paliers sont inaccessibles et lubrifiés au moyen d'une substance non volatile.

Dans les tubes à rayons X, on utilise généralement des paliers à billes, et plusieurs techniques ont été déjà proposées pour recouvrir les billes d'un métal malléable, relativement mou et non volatil, de façon à assurer la lubrification désirée.

Suivant certaines techniques, on a retiré les billes d'entre leurs chemins de roulement, et on les a fait rouler toutes ensembles en présence de particules de métal, pendant de longues durées.

Suivant d'autres techniques, on projetait de la poussière d'argent ou de plomb, par exemple, dans un palier tournant, tout monté, de façon à déposer par roulement un mince film de métal lubrifiant, avant que le palier soit installé à son lieu d'utilisation.

Enfin, suivant d'autres techniques encore, on a disposé des cales excessivement minces d'argent entre les billes et leurs chemins de roulement, et on a fait tourner ces paliers pendant de longues durées, pour obliger l'argent à adhérer; puis, comme dans les exemples précédents, les paliers ont alors été nettoyés et mis en place à leur lieu d'utilisation.

Bien que les paliers réalisés selon les méthodes ci-dessus constituent une solution partielle au problème de lubrification et de diminution du frottement, posé par les paliers délicats des tubes à rayons X à anode tournante, ils présentent néanmoins quelques inconvénients.

Par exemple, le métal lubrifiant déposé mécaniquement n'est pas uniformément réparti sur les surfaces portantes, et il a tendance à s'accumuler en petits morceaux, qui produisent l'effet de petits grains, quand ce défaut s'accroît.

Après un usage prolongé dans un tube à rayons X, ces petits morceaux glissent le long de la surface coopérante hautement polie de la surface de roulement, et ils se subdivisent en fines particules de sorte qu'il se forme une surface à frottement élevé, qui contamine, en quelque sorte, le tube.

La présente invention résulte de nombreux efforts faits pour surmonter ces difficultés, afin de réduire les frottements et le bruit résultant de l'emploi de paliers dans les tubes à rayons X, tels qu'ils étaient fabriqués selon les anciennes techniques.

Le problème le plus évident était de faire adhérer uniformément et solidement le métal lubrifiant, directement sur les éléments hautement polis; les billes, les chemins de roulement, et autres éléments actifs du palier. Quelle que soit la méthode utilisée jusqu'ici, et le degré de poli qui a été atteint, les paliers ont toujours présenté un certain écaillage du métal lubrifiant, dans une proportion inacceptable pour leur fonctionnement.

Une nouvelle tentative a donc été faite, selon laquelle, contrairement à la pratique usuelle consistant à réaliser des surfaces portantes très lisses, les billes ont été rendues intentionnellement superficiellement rugueuses, avant l'application d'un revêtement d'argent, et, de façon toute inattendue, lorsque leurs surfaces de roulement ont été revêtues d'argent et mises en service, elles ont acquis un revêtement superficiel uni et hautement poli, qui n'a donné naissance à aucune écaille d'argent, après un usage prolongé dans les conditions de fonctionnement les plus courantes. En outre, on a observé une diminution prononcée du frottement, mise en évidence par la durée utile du palier, et l'on a constaté une diminution notable du bruit des dits paliers.

La présente invention a donc pour objet la réalisation de paliers perfectionnés, lubrifiés de manière permanente, en assurant une meilleure

adhérence d'un film non volatil sur les éléments du roulement, ce film constituant la matière lubrifiante d'un palier fonctionnant dans une enceinte à température élevée, sous haut vide, et dont l'intérieur est inaccessible. Grâce à la méthode de l'invention, on évite l'obligation habituelle de faire tourner les roulements munis de leur revêtement et de les conditionner, avant leur véritable utilisation.

Un exemple de la manière dont l'invention peut être mise en œuvre va être décrit à propos du conditionnement d'un roulement à billes pour tubes à rayons X, bien qu'il soit entendu que le procédé qui va être décrit puisse s'appliquer à tout autre type de tube à vide, ainsi qu'à des paliers à rouleaux et à toutes autres surfaces de paliers.

Conformément à l'invention, appliqué par exemple aux tubes à rayons X, les billes sont soumises, à part, à un jet d'air ou de gaz contenant du sable très fin, de façon à former sur la surface des billes des myriades de cavités microscopiques. Leurs chemins de roulement sont recouverts, à part, d'un métal lubrifiant malléable, tel que l'or, le plomb, l'argent, de préférence ce dernier. De même, les billes traitées comme ci-dessus décrit, peuvent être recouvertes d'argent par galvanoplastie nettoyées et montées dans leurs chemins de roulement.

A ce moment, le métal de recouvrement est terne et non poli. Après un nettoyage soigneux, mais sans aucune autre mesure de conditionnement, les roulements peuvent être incorporés dans un ensemble tournant, par exemple l'anode tournante d'un tube à rayons X, qui est ensuite introduite dans une enveloppe que l'on vide et que l'on scelle.

L'ensemble tournant est alors mis en rotation, à titre de stade de fabrication, et le revêtement d'argent diffuse alors sur les billes, de façon à constituer un recouvrement uni et brillant, qui adhère solidement aux billes rendues primitivement rugueuses, comme on l'a expliqué ci-dessus, et qui améliore la lubrification du palier pendant son utilisation.

Bien que l'on ait mentionné le sablage comme moyen de rendre rugueux les éléments de roulement, on peut aussi utiliser d'autres méthodes, telles que l'attaque chimique à l'acide, ou l'abrasion entre deux plaques parallèles très voisines, sur lesquelles on a placé un fin abrasif, qui joue son rôle quand on fait déplacer lesdites plaques l'une par rapport à l'autre et parallèlement entre elles.

En outre, les chemins de roulement peuvent aussi être traités de la même façon que les billes.

Pour bien faire comprendre les caractéristiques techniques et les avantages de la présente invention on va en décrire un exemple de réalisation étant entendu que celui-ci n'a aucun

caractère limitatif quant au mode de mise en œuvre et aux applications que l'on peut en faire.

La figure 1 est une coupe longitudinale d'un générateur de rayons X, muni de paliers conformes à l'invention.

La figure 2 est une coupe d'un palier, traité conformément à l'invention, représenté à plus grande échelle.

La figure 3 est une représentation schématique d'une chambre de sablage pour les billes, au moyen d'un courant de gaz.

La figure 4 représente, à échelle encore plus grande, une bille dont une partie a été arrachée pour montrer le profil du revêtement de métal lubrifiant, appliqué après que la bille a été rendue rugueuse.

La figure 5 est analogue à la figure 4, et montre une bille après son traitement complet.

La figure 6 représente schématiquement un appareil pour le traitement galvanoplastique des billes.

La figure 7 est une vue analogue d'un appareil pour le traitement galvanoplastique des autres éléments du palier.

En se reportant figure 1, on voit que le tube à rayons X à anode tournante comporte une enveloppe 10, avec une structure cathodique hermétiquement scellée 11, électriquement alimentée par un câble 12. Comme bien connu, la cathode émet des électrons dont le faisceau frappe une anode 13, de façon que des rayons X soient produits et traversent une fenêtre 14, ménagée dans l'enveloppe.

L'anode 13 est fixée par une tige 15 à un ensemble rotorique 16, tournant sous l'influence d'un stator extérieur 17, partiellement représenté et entourant l'enveloppe, comme bien connu.

Le rotor 16 est monté sur un arbre 18, fixé dans une partie rentrante de l'enveloppe 10, par l'intermédiaire d'une mince bague métallique 19, brasée sur un disque 20, brasé lui-même sur l'arbre 18, de façon à constituer un support rigide pour celui-ci, et un scellement étanche au vide.

Le rotor tourne sur des roulements à billes 25, dont les chemins de roulement intérieurs 26 sont solidaires de l'arbre 18, sur lequel ils sont maintenus à la distance désirée, par une entretoise tubulaire 27, et un ensemble de serrage 28.

Les chemins de roulement extérieurs 29 des paliers sont destinés à tourner vis-à-vis des chemins intérieurs 26, par l'intermédiaire de billes 30, interposées entre ces chemins.

Les chemins extérieurs 29 supportent un carter creux 31 qui tourne avec eux et qui est muni d'épaulements 32, pour y recevoir les paliers. Un manchon rotorique extérieur 33 est rivé sur le carter 31, et comporte un chapeau terminal 34 qui supporte la tige 15 de l'anode. Ce chapeau 34 est fixé de manière étanche

dans le manchon 33 afin de compléter le montage rotorique.

Avant le fonctionnement du tube, l'enveloppe 10 est vidée. Pendant le vidage, on chauffe le tube pour évacuer les gaz occlus dans les éléments du tube; des getters, agissant instantanément ou de manière continue, sont utilisés après le scellement du tube, pour absorber les traces résiduelles de gaz, autant qu'il est possible de le faire. Tout ceci est connu et ne nécessite pas d'explications complémentaires.

Pendant le fonctionnement, l'anode 13 est entraînée à vitesse constante par le rotor 16, de façon à présenter une surface d'impact continuellement changeante, au faisceau électronique émis par la cathode 11. Une haute-tension est appliquée à l'anode pour accélérer les électrons, par l'intermédiaire de l'extrémité externe de l'arbre 18, comme on le sait.

Après que le générateur a été réalisé, il est impossible d'accéder à ses paliers pour les lubrifier, et, en outre, il serait indésirable d'utiliser un lubrifiant volatil ordinaire, s'ils étaient accessibles.

En conséquence, l'invention permet d'améliorer la durée utile et les qualités « anti-frottement » des paliers, en utilisant le nouveau procédé qui va être décrit ci-dessous en détail.

L'exemple va être donné pour des roulements à billes, mais les techniciens comprendront aisément que le nouveau procédé de l'invention pourrait aussi bien s'appliquer aux paliers à rouleaux et aux paliers lisses.

Lorsqu'elles sont livrées par le fabricant, les billes 30, en général en alliage ferreux dur, sont isolées de leurs chemins intérieurs et extérieurs de roulement 26 et 29, en général en alliages ferreux durs également. Elles sont identifiées, par groupes, pour être utilisées avec les chemins de roulement dont les diamètres intérieurs et extérieurs se trouvent dans les tolérances acceptables de dimensions vis-à-vis du diamètre des billes.

Selon la pratique préférée, les groupes de billes et les chemins de roulement sont traités dans un solvant, pour éliminer la graisse protectrice qui les recouvre, quand on les reçoit. Les chemins sont alors nettoyés par voie anodique et recouverts, par galvanoplastie, d'un très mince film d'argent, comme on l'a représenté figure 7.

On voit que les chemins intérieurs 26 sont traités dans une cuve 38 en acier inoxydable, remplie d'un électrolyte jusqu'au niveau de la ligne 39 en pointillé.

Les chemins extérieurs 29 sont recouverts, de la même façon, sur leurs surfaces utiles.

Pour faciliter la manipulation d'un groupe de chemins 26, on les enfle sur un boulon 40, qui sert d'électrode, relié au pôle négatif d'une source de tension appropriée. L'anode, qui sert de source de métal à déposer, est réalisée sous

forme d'une bague 41, maintenue à l'intérieur d'un cylindre 42, connecté au pôle positif de la source.

Les éléments de palier en question sont ainsi traités pendant un temps court, à faible intensité de courant, de sorte que ces chemins ne sont recouverts que d'un film très mince d'argent. Comme le poids et l'épaisseur peuvent être difficiles à déterminer pour un seul chemin, étant donné que les quantités de métal envisagées sont inférieures aux erreurs possibles de la balance utilisée, les chemins sont pesés par groupes, avant et après le traitement; on calcule alors le poids moyen d'argent déposé par chemin. On bénéficie ainsi d'une uniformité et d'un contrôle de qualité excellents.

Avant de les revêtir par voie galvanoplastique, les chemins de roulement sont nettoyés par voie anodique, en les immergeant dans un électrolyte contenu dans une cuve, telle que 38. Ils sont ensuite rincés soigneusement et soumis au traitement galvanoplastique décrit ci-dessus, la cuve précédente étant remplacée par une nouvelle cuve 38 contenant un électrolyte approprié au revêtement.

Les surfaces internes utiles des chemins de roulement extérieurs 29 peuvent aussi être nettoyées et revêtues selon le procédé indiqué plus haut; cependant, ils sont immergés dans un électrolyte, en étant maintenus dans un tube perforé, non représenté, de manière qu'aucun corps, tel que le boulon 40, soit inséré entre l'électrolyte et la surface à recouvrir.

Les billes 30 sont prises par groupes et superficiellement nettoyées dans un solvant approprié, puis elles peuvent être nettoyées encore plus complètement par voie supersonique en présence d'alcool ou d'un autre solvant approprié. Les billes 30 d'un même groupe sont alors disposées dans un panier perforé, représenté schématiquement en 43, figure 3, un gaz étant projeté par une tuyère 44, et contenant un fin abrasif, sous une pression d'environ 4,9 à 5 kg/cm<sup>2</sup>, jusqu'à ce que toute trace de brillant ait disparu de la surface des billes.

Celles-ci sont agitées avec turbulence pendant ce sablage. Ce traitement crée sur la surface des billes une myriade de cavités superficielles, uniformément réparties, comme on le voit sur les vues agrandies des figures 4 et 5, ces cavités étant représentées en 45. A l'œil nu, les billes 30 ont un aspect argentin, mais terne.

Après nettoyage par voie anodique dans un appareil analogue à celui de la figure 6, les billes sont soumises à un traitement galvanoplastique, en utilisant un métal plus malléable et qui présente une faible affinité pour le métal ferreux qui constitue les billes et les chemins de roulement. Ce métal de revêtement doit présenter une faible pression de vapeur, de façon à pouvoir être utilisé dans le vide, et il doit être

lubrifiant par lui-même. Le plomb, l'or et l'argent possèdent ces qualités à des degrés divers, et ils sont avantageux dans la plupart des cas, car on peut se les procurer facilement. A titre d'exemple non limitatif, et pour abréger la description, on ne considérera que l'argent.

Avant d'être recouvertes, les billes sont pesées par groupe, de façon que la quantité d'argent déposée puisse être déterminée plus tard, si on le désire, en pesant toutes les billes et en faisant une moyenne dans une groupe, après revêtement.

On a représenté figure 6 un exemple d'appareil, dans lequel une cuve en acier inoxydable 50 est partiellement remplie d'un électrolyte approprié pour l'argenture, jusqu'au niveau de la ligne 51 en traits interrompus. Les billes 30 sont placées dans une coupelle hémisphérique 52, dont l'axe conducteur 53 est incliné et supporte la coupelle. L'axe 53 est entraîné par un mandrin 54, entraîné à faible vitesse, par un moteur (non représenté), pendant le traitement galvanoplastique.

La coupelle 52 est reliée au pôle négatif d'une source de tension appropriée, de manière que la même tension soit appliquée à chacune des billes. On n'a pas représenté les bagues d'amenée de courant au mandrin 54, car on pourrait utiliser tout autre moyen habituel de connexion.

Une électrode cylindrique 55 est maintenue coaxialement avec la coupelle 52, à une certaine distance de l'axe 53, et est reliée au pôle positif de la source de tension ci-dessus.

Pour des billes ayant un diamètre d'environ 3 mm, le revêtement d'argent doit atteindre une valeur moyenne de 0,02 milligramme par bille. Celles-ci sont alors soigneusement séchées et conservées dans une enceinte déshydratante, jusqu'à ce qu'elles soient en état d'être montées dans leurs chemins de roulement, intérieur et extérieur.

Dans un exemple pratique d'application du procédé ci-dessus, on a trouvé que la profondeur des cavités produites lors du « sablage », allait de 0,508 à 3,2 microns, environ (20 à 125 micro-inches); pour un groupe de billes, on a trouvé une épaisseur de revêtement de 0,04 micron (1,6 micro-inche) sur les multiples cavités et bosses métalliques.

Une bille, après traitement galvanoplastique, est représentée figure 4; on voit que le profil de la bille comporte un revêtement irrégulier d'argent 57, qui épouse sensiblement le contour de la surface rendue rugueuse du fait de toutes les cavités 45, qui adhèrent fortement, par en dessous, à l'argent déposé.

Le profil représenté figure 4 correspond à celui d'une bille traitée comme on l'a décrit ci-dessus, la partie arrachée montrant les cavités elles-mêmes et l'épaisseur du revêtement,

fortement exagérées par rapport au diamètre de la bille, pour la clarté du dessin.

D'une manière générale, la constitution finale du palier est réalisée en soumettant les billes 30 ainsi revêtues (figure 4) à une pression superficielle pour aplanir les pointes d'argent, en les faisant couler à froid dans les cavités ou interstices voisins. Ensuite, le revêtement d'argent présente un aspect uni et brillant, comme représenté figure 5.

D'une manière plus précise, après que les surfaces utiles des chemins de roulement 26 et 29, rendues ou non, ont été argentées, et après que les billes 30, rendues rugueuses, ont été à leur tour argentées, ces éléments sont assemblés. après nettoyage, pour former un roulement à billes, tel que représenté figure 2. De tels paliers peuvent alors être montés dans un tube à rayons X, figure 1.

Après que le tube a été entièrement monté et vidé, comme expliqué plus haut, l'ensemble rotorique 16 est mis en rotation, de façon que l'argent 57, déposé sur les billes rendues primitivement rugueuses, diffuse doucement et se polisse, en créant ainsi une surface portante comparable à celle de la partie en coupe de la figure 5.

On remarquera qu'il n'est pas nécessaire de faire tourner spécialement les roulements à part, avant le montage dans le tube, car le but poursuivi s'atteint de manière continuellement améliorée, du simple fait du fonctionnement du tube.

On peut utiliser des procédés différents de celui qui a été décrit pour rendre rugueuse les surfaces du roulement, avant de les revêtir d'un métal lubrifiant approprié, par voie galvanoplastique. On peut agir par voie chimique avec un acide; les éléments sont ensuite nettoyés, séchés et traités ensuite dans une cuve à électrolyse.

Un autre technique, pouvant donner de bons résultats, et reprenant l'idée générale de rendre les surfaces rugueuses, consiste à soumettre les éléments du roulement à un « sablage » à haute pression, avec un mélange de fin abrasif et de poudre d'argent traversant le tamis n° 600, dans une proportion en volume de 75 % et de 25 % respectivement.

Toutefois, il semble préférable de procéder séparément à l'opération de « sablage », et au dépôt de métal lubrifiant, comme on l'a décrit ci-dessus en détail, car cette méthode conduit à un meilleur contrôle de la qualité.

Bien que l'on ait décrit plusieurs méthodes de mise en œuvre de l'invention, il est bien entendu que l'on ne désire pas se limiter à ces formes particulières données simplement à titre d'exemple et sans aucun caractère restrictif et que, par conséquent, toutes les variantes utilisant les mêmes moyens techniques et ayant même objet que les dispositions indiquées ci-

dessus, rentreraient comme elles dans le cadre de l'invention.

RÉSUMÉ

La présente invention concerne les roulements à billes, et analogues et, plus particulièrement, ceux qui sont utilisés dans une ambiance à haute température et sous un vide élevé, comme, par exemple, dans les tubes générateurs de rayons X, lorsque ces paliers sont inaccessibles et lubrifiés au moyen d'une substance non volatile.

1° Les billes, après nettoyage dans un solvant, sont soumises à un traitement qui permet d'y former des myriades de cavités microscopiques (sablage, attaque chimique, abrasion entre plaques, etc.), et elles sont ensuite revêtues, par voie galvanoplastique, d'un mince film de métal lubrifiant : argent, or, plomb, etc.

2° Les chemins de roulement, après nettoyage dans un solvant, sont en outre nettoyés par voie anodique, et sont ensuite revêtus d'un mince film de métal lubrifiant, argent, or, plomb, etc., par voie galvanoplastique.

3° Les billes sont montées dans leurs roulements, et le palier ainsi obtenu est monté dans son appareil d'utilisation, où la rotation fait diffuser et polir le métal lubrifiant déposé sur les billes.

4° En variante, les surfaces des chemins de roulement sont traitées comme celles des billes.

A titre de produits industriels nouveaux, les appareils utilisant des roulements à billes réalisés selon la présente invention.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON,  
boulevard Haussmann, 173. Paris.

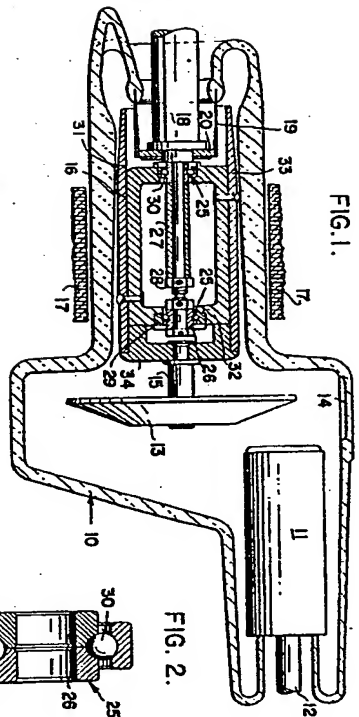


FIG. 1.

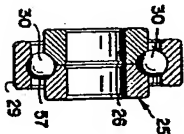


FIG. 2.

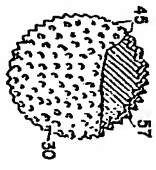


FIG. 4.

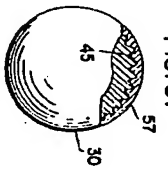


FIG. 5.

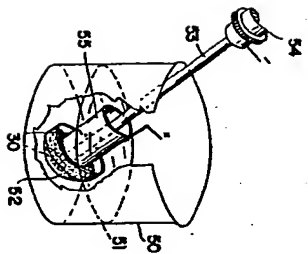


FIG. 6.

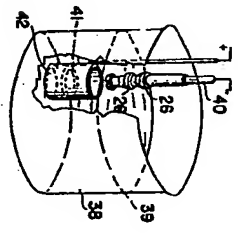


FIG. 7.

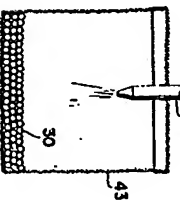


FIG. 3.

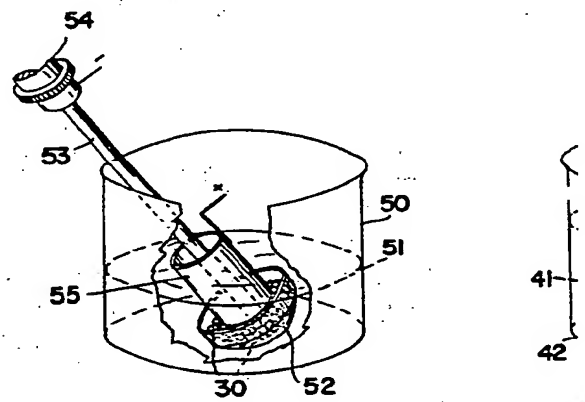
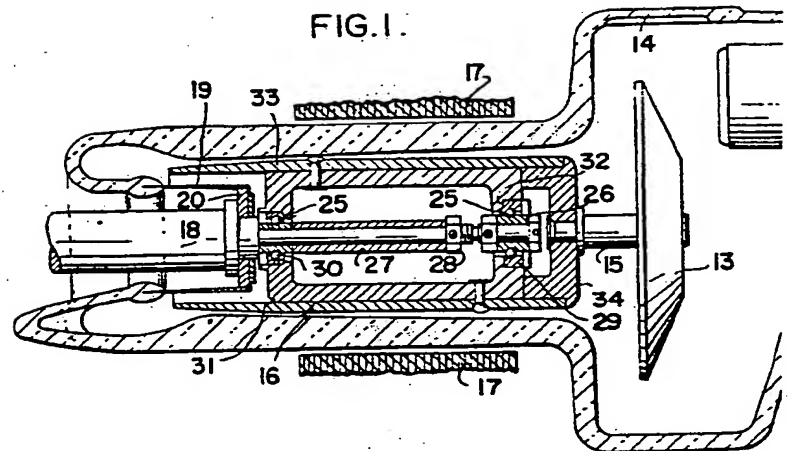


FIG. 6.

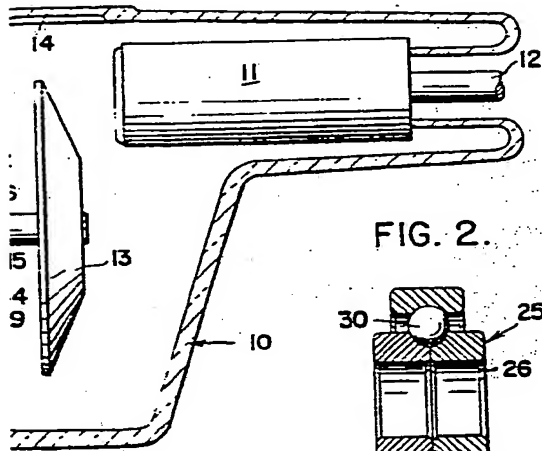


FIG. 2.

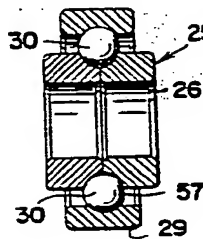


FIG. 4.

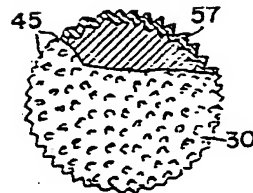


FIG. 5.

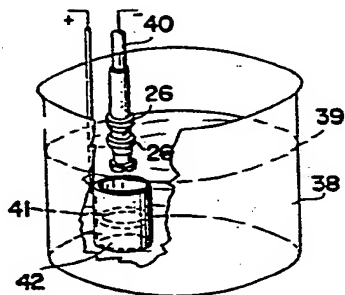
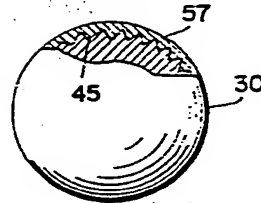


FIG. 7.

FIG. 3.

